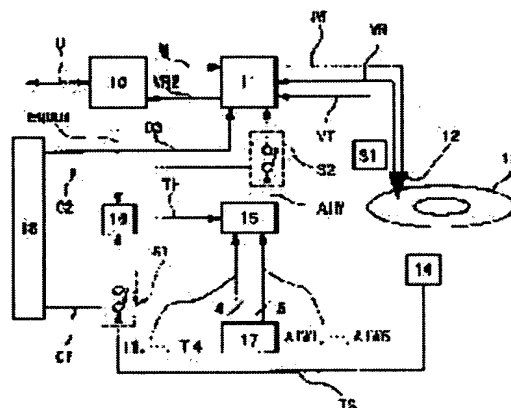


(11)Publication number : 2000-357303
(43)Date of publication of application : 26.12.2000

G11B 5/09
G11B 5/02

(72)Inventor : SHIOKAWA MASAHIRO



THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2000-357303
(P2000-357303A)

(43)公開日 平成12年12月26日(2000. 12. 26)

(51)Int.Cl. ⁷		識別記号	F I		テ-マ-ト*(参考)
G 1 1 B	5/09	3 1 1	G 1 1 B	5/09	3 1 1 B 5 D 0 3 1
	5/02			5/02	Z 5 D 0 9 1

審査請求 有 請求項の数 2 O L (全 12 頁)

(21)出願番号 特願平11-167441

(22)出願日 平成11年6月14日(1999. 6. 14)

(71)出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72)発明者 塩川 雅人

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74)代理人 100108578

弁理士 高橋 詔男 (外3名)

Fターム(参考) 5D031 AA04 CC04 EE08 HH06 HH20

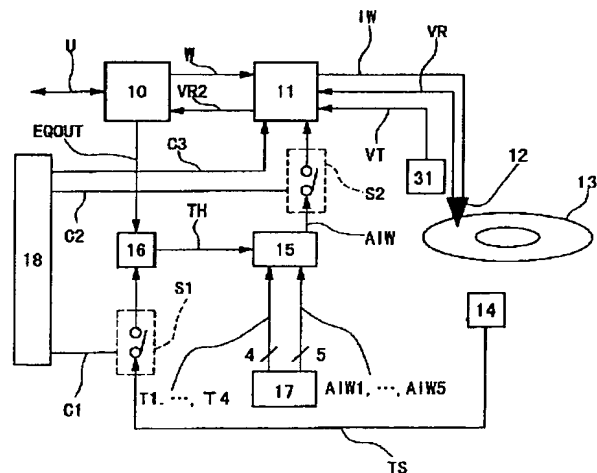
5D091 AA10 CC02 HH11

(54)【発明の名称】 磁気記録再生装置

(57)【要約】

【課題】 記録媒体の温度変化によって再生信号の品質が劣化することを防止し、常に最適な再生能力を維持することができる磁気記録再生装置を得る。

【解決手段】 ヘッド12のサスペンション上に温度測定手段として抵抗素子31を設け、この抵抗素子31の出力信号VTと装置内において設置が容易な箇所に設置された温度センサ14の出力温度情報TSとから、記録媒体13の温度を推定し、この推定値から記録媒体13の温度に最適な記録電流振幅値AIWを決定し、この記録電流振幅値AIWを記録電流振幅制御手段を含むヘッドIC11に間欠的に入力する。



10:リードライト回路
11:ヘッドIC
12:ヘッド
13:記録媒体
14:温度センサ
15:記録電流振幅選択回路
16:温度計算回路
17:RAM
18:コントローラ
31:抵抗素子

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 磁気記録再生装置内に挿填された磁気記録媒体の温度を測定する温度測定手段と、
前記磁気記録再生装置内で設置が容易な箇所に配設された温度センサと、
前記温度測定手段の出力信号と前記温度センサの出力信号とから、前記磁気記録媒体の温度を推定する温度推定手段と、
前記温度推定手段により推定された磁気記録媒体の温度に応じて最適な記録電流振幅値を決定する振幅値決定手段と、
前記記録媒体に記録する際の記録電流振幅値を制御する振幅制御手段と、
前記振幅値決定手段が決定した記録電流振幅値を前記振幅制御手段に入力し設定する振幅値設定手段とを有し、
前記温度測定手段が磁気記録再生ヘッドを担持するサスペンション上に設置された抵抗素子からなり、かつ前記振幅値設定手段が前記記録電流振幅値を間欠的に設定するようにしたことを特徴とする磁気記録再生装置。

【請求項 2】 磁気記録再生装置内に挿填された磁気記録媒体の温度を測定する温度測定手段と、
前記磁気記録再生装置内で設置が容易な箇所に配設された温度センサと、
前記温度測定手段の出力信号と前記温度センサの出力信号とから、前記磁気記録媒体の温度を推定する温度推定手段と、
前記温度推定手段により推定された磁気記録媒体の温度に応じて最適な記録電流の記録前補償量を決定する補償量決定手段と、
前記記録媒体に記録する際の記録前補償量を制御する補償量制御手段と、
前記補償量決定手段が決定した記録電流の記録前補償量を前記補償量制御手段に入力し設定する補償量設定手段とを有し、
前記温度測定手段が磁気記録再生ヘッドを担持するサスペンション上に設置された抵抗素子からなり、かつ前記補償量設定手段が前記記録前補償量を間欠的に設定するようにしたことを特徴とする磁気記録再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は磁気記録再生装置に係わり、特に磁気記録再生装置に挿填された磁気記録媒体の温度変化によって再生信号のBER（ビット誤り率）が劣化することを防止し、再生信号の品質を常に最適に保つことができるようにした磁気記録再生装置に関する。

【0002】

【従来の技術】記録媒体として磁気ディスクを用いる磁気記録再生装置の一従来例を図16に示す。図16において、この磁気記録再生装置は、記録動作時にユーザデ

ータUが先ずリードライト回路10に入力され、ここで記録信号Wに変換されてヘッドIC501に入力される。リードライト回路10で行われる変換には、8/9または16/17変調ビット列などへの変調符号化やブリコーディングなどが含まれる。記録信号Wは、ヘッドIC501において記録電流IWに変換され、磁気記録再生ヘッド（以下、単に「ヘッド」という）12に出力される。ヘッド12は、記録ヘッドと再生ヘッドとからなり、これらの内、記録ヘッドが前記記録電流IWに応じて磁気記録媒体（以下、単に「記録媒体」という）13上に磁化パタンを形成する。また、図16において再生動作時には、記録媒体13上に形成された磁化パタンに応じてヘッド12に設けられた再生ヘッドから再生電圧VRがヘッドIC501に向け出力される。再生電圧VRは、ヘッドIC501で増幅されて再生信号VR2に変換され、リードライト回路10に出力される。このリードライト回路10では、再生信号VR2のパーシャルレスポンス特性への等化やここで等化された信号の最大検出（いわゆるPartial Response Maximum Likelihood: PRML信号処理）、及び変調符号ビット列からユーザーデータビット列への復号が行われる。

【0003】図16に示す磁気記録再生装置の内部には温度センサ14が設けられている。この温度センサ14は、磁気記録再生装置内に挿填された記録媒体13の温度を測定するためのもので、この温度センサ14から出力された温度情報TSは、記録電流振幅選択回路502に入力される。この記録電流振幅選択回路502には、RAM（ランダムアクセスメモリ）17から4段階の閾値温度T1、…、T4と、それぞれの閾値温度において好適な記録電流振幅値の5段階の候補値AIW1、…、AIW5とが予め入力されている。

【0004】前記の記録電流振幅選択回路502は、前記温度センサ14からの温度情報TSと前記閾値温度T1、…、T4とを比較し、記録電流振幅値として好適な値を5段階の候補値AIW1、…、AIW5の中から選択し、選択した値を記録電流振幅値AIWとしてヘッドIC501に出力する。前記の温度センサ14は従来、例えば特開平10-340412号公報の第48段落に記載されているように、FPC（Flexible Printed Circuit）上に設けられている。

【0005】また別の従来例としては、特開平10-340413号公報に記載されているように温度センサが磁気記録再生装置のディスクエンクロージャまたはプリント基板に設置される例もある。この場合は、図17に示すように、記録前補償量選択回路602において、温度センサ14が出力した温度情報TSとRAM17からもたらされた閾値温度T1、…、T4との大小比較から、RAM17に保持されている記録前補償量の候補値WPC1、…、WPC5のうちで最適なものが記録前補償量WPCとして選択され、リードライト回路10に出

力される。図 17 の他の構成要素は図 16 に示した従来例と同様である。

【0006】磁気記録再生装置に前記の温度センサと記録電流振幅選択回路 502 や記録前補償量選択回路 602 が設けられる理由を以下に説明する。

(1) 記録媒体の温度と保磁力 H_c および記録電流との関係：磁気ディスクの記録材料は、温度が上昇すると保磁力 H_c が低下し、小さな記録電流によっても記録媒体が十分に磁化されるという性質をもっている。逆に低温時には保磁力 H_c が増大し、良好な記録再生特性を維持するにはより大きな記録電流が必要となる。図 12 は記

$$H_c(\tau_0) = H_k \left\{ 1 - \sqrt{\frac{kT}{K\nu} \log \left(\frac{A\tau_0}{0.693} \right)} \right\} \quad \text{数式 1}$$

【0008】数式 1 において、 H_k は異方性磁界、 k はボルツマン定数、 T は温度、 K は磁気異方性エネルギー、 ν は単位磁化の体積、 A は周波数定数、 τ_0 は磁界 H が 0 から H_c に変化するまでの所用時間である。数式 1 からわかるように、記録媒体の温度 T が上昇すれば保磁力 H_c は減少するので、記録媒体温度が高温時に常
20 温時と同一大きさの記録電流を記録ヘッドに供給すると、記録トラックの周囲にまで磁化が広がり、記録トラック幅が拡大するという問題が生じる。記録トラック幅が拡大すると、或るトラックの再生信号に隣接するトラックからの再生信号が加算され、再生信号の品質が劣化し、その結果、再生信号の BER (Bit Error Rate: ビット誤り率) が劣化することになる。従って高温時にトラック幅の拡大が発生しないように、記録電流に上限値を設け、この記録電流の上限値を温度上昇 (H_c 減少) と共に減少させることが必要になる。

【0009】逆に、記録媒体温度が下降し保磁力 H_c が増大すると、小さな記録電流では記録媒体を十分に磁化させることができなくなる。媒体の磁化が不十分な場合は過去に記録した磁化の影響が残留し、再生信号の品質が劣化し、その結果、再生信号の BER が劣化する。従って低温時には記録電流に下限値を設け、この記録電流の下限値を温度下降 (H_c 増大) と共に増加させる必要が生じる。

【0010】以上をまとめると、記録媒体温度 T とそれに適した (BER を最適にする) 記録電流振幅値 AIW の関係は図 13 となる。図 13 で、好適な記録電流振幅値 AIW は記録媒体温度 T の上昇と共に低下する。この記録媒体温度 T に対応して好適な記録電流振幅値 AIW を選択しヘッド IC501 に出力するのが図 16 に示す記録電流振幅選択回路 502 である。

【0011】(2) 記録媒体の温度と磁化転移点シフト量との関係：次に、図 14 (a) (b) を参照して記録媒体温度と磁化転移点シフト量との関係を説明する。図 14 (a) (b) は、いずれも記録媒体の磁性膜における磁化の態様を示したもので、図中の矢印は記録媒体中

録磁界 H と磁束密度 B との履歴曲線であり、実線は低温時の特性、点線は高温時の特性を示す。図 12 において、低温時には図で $H_c = H1$ 、高温時には $H_c = H2$ であり、温度を上昇させると保磁力 H_c は減少し記録媒体の記録磁界 H は弱まる。また、松本他、「磁気記録工学」、1990 年 3 月、共立出版社の第 40 頁、式 (3, 10) には、保磁力 H_c と温度 T との関係が次の数式 1 によって示されている。

【0007】

【数 1】

の磁化の方向を示している。図 14 (a) では、記録ヘッドからの記録磁界が印加され記録媒体に M3 に示す方向の磁化が形成された際、直前の (図で左隣の) 媒体磁界 M2 と磁化 M3 との転移位置 x は、媒体磁界 M1 の影響で図示左方向にシフトし $x1$ となる。この磁界転移点がシフトする現象、あるいはシフト量そのものは NLT
20 S (Non-Linear Transition Shift: 非線型転移点シフト) と呼ばれている。転移点 x の NLT S は、今の場合、磁界 M2 の長さが短いほど大きくなる。また前記 NLT S は、装置温度の影響を受ける記録媒体の保磁力 H_c やヘッドの浮上量などによっても変化する。例えば特開平 10-340413 号公報には、NLT S が温度上昇に伴い減少することが示されている。

【0012】前記の NLT S は、記録前補償 (Write Pre-Compensation: WPC) という操作によって補償することができる。記録前補償とは、図 14 (b) に示すように、磁化 M3 を記録するとき、記録磁界の印加開始点を、期待する磁化転移点 x よりも図 14 (b) で右方向 $x2$ に予めシフト (遅延) させる操作を指す。記録前補償量 WPC により M2-M3 間の転移点は期待する点 x となり、NLT S は解消される。ここで NLT S は温度
30 上昇と共に減少するので、記録磁界の印加を開始すべき点の図示右方向へのシフト量 (記録前補償量 WPC) も、温度上昇と共に減少させる必要がある。記録媒体に NLT S が生じた時、記録前補償 WPC の操作が適切に行われていないと、再生信号においては再生パルス位置がシフトするので再生信号の BER は劣化する。記録媒体温度 T と、その温度における BER を最小とする記録前補償量 WPC との関係を図 15 に示す。この記録媒体温度 T に対応して好適な記録前補償量 WPC を選択しリードライト回路 10 に出力するのが図 17 に示す記録前補償量選択回路 602 である。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】前記従来技術における問題点は、記録媒体の温度が変化したとき前記の記録電流振幅選択回路 502 や記録前補償量選択回路 602 を

設けてもなお再生信号のBERが劣化することである。この原因は、記録媒体13の温度が変化した場合に、この記録媒体の温度が温度センサ14によって必ずしも常に正確に測定されているとは限らないことによる。

【0014】すなわち、前記の温度センサ14は、例えば特開平10-340412号公報の第48段落にあるように磁気記録再生装置のFPC (Flexible Printed Circuit) 上に設置されたり、特開平10-340413号公報の第12段落にあるようにディスクエンクロージャまたはプリント基板に設置されている。このため、記録媒体13の温度が変化したとき、温度センサ14の温度がこの記録媒体の温度と等しくなるまでにタイムラグがあり、また磁気記録再生装置の環境温度が変化した場合も、記録媒体13の温度と温度センサ14の温度とが等しくなるまでにタイムラグが生じる。そして、記録媒体13の温度と温度センサ14の温度とが異なっている過渡期間中は、記録電流振幅値AIWや記録前補償量WPCが記録媒体13の温度に対応した適切な値に設定されていないので再生信号のBERが劣化することになる。本発明は前記の課題を解決するためになされたものであり、従ってその目的は、磁気記録再生装置の内外で温度変化が生じても記録媒体の温度を常に正確に検出し、同時に記録媒体温度に応じて最適な記録電流振幅AIWまたは記録前補償量WPCを記録再生回路に設定することができ、これによって再生信号のBER (ビット誤り率) が劣化することを防止し、再生信号の品質を常に最適に保つことができる磁気記録再生装置を提供することにある。

【0015】

【課題を解決するための手段】前記の課題を解決するために本発明は請求項1において、磁気記録再生装置内に挿入された記録媒体の温度を測定する温度測定手段と、前記磁気記録再生装置内で設置が容易な箇所に配設された温度センサと、前記温度測定手段の出力信号と前記温度センサの出力信号とから、前記記録媒体の温度を推定する温度推定手段と、前記温度推定手段により推定された記録媒体の温度に応じて最適な記録電流振幅値を決定する振幅値決定手段と、前記記録媒体に記録する際の記録電流振幅値を制御する振幅制御手段と、前記振幅値決定手段が決定した記録電流振幅値を前記振幅制御手段に

入力し設定する振幅値設定手段とを有し、前記温度測定手段が磁気記録再生ヘッドを担持するサスペンション上に設置された抵抗素子からなり、かつ前記振幅値設定手段が前記記録電流振幅値を間欠的に設定するようにした磁気記録再生装置を提供する。

【0016】本発明はまた請求項2において、請求項1と同様な温度測定手段と温度センサと温度推定手段とを備えると共に、前記温度推定手段により推定された記録媒体の温度に応じて最適な記録電流の記録前補償量を決定する補償量決定手段と、前記記録媒体に記録する際の

記録前補償量を制御する補償量制御手段と、前記補償量決定手段が決定した記録電流の記録前補償量を前記補償量制御手段に設定する補償量設定手段とを設け、前記温度測定手段が磁気記録再生ヘッドを担持するサスペンション上に設置された抵抗素子からなり、かつ前記補償量設定手段が前記記録前補償量を間欠的に設定するようにした磁気記録再生装置を提供する。

【0017】以下に、前記本発明の磁気記録再生装置における作用を説明する。図9(a)に示すように、磁気ディスクを用いる磁気記録再生装置において、記録媒体13に最も近い位置にある部材はヘッド(磁気記録再生ヘッド)が組込まれたスライダ30やこのスライダ30を担持するサスペンション35である。記録媒体13とスライダ30との離間距離は通常数十ナノメートルであり、ここでは無視できるので、記録媒体13とサスペンション35との離間距離はスライダ30の厚み分と見なすことができる。このスライダ30の厚みは通常0.3ミリメートル程度なので、これらスライダ30やサスペンション35の温度は記録媒体13の温度とほぼ同一と見なせる。従ってサスペンション35の上に温度測定手段が設置できれば記録媒体の温度を正確に把握できることになる。

【0018】しかし従来の磁気記録再生装置に用いられていた温度センサを前記サスペンション35上に設けることはできなかった。その理由は、温度センサや、この温度センサへの電源供給線路および温度センサから温度情報を出力する出力線路の重量を合計すると相当に大きな荷重となり、仮に温度センサをサスペンション35上に設置すれば、スライダ30の記録媒体13に対する浮上量を維持できなくなり、データの記録再生が不可能となるからである。

【0019】そこで本発明の請求項1および請求項2では、サスペンション上で記録媒体の温度を測定する温度測定手段として、温度センサではなく、温度を測定するために最少必要な素子のみからなる抵抗素子をサスペンション上に設け、この抵抗素子から記録媒体の温度をリアルタイムに出力する線路を、再生ヘッドから出力される再生電圧VRの線路と部分的に共用する回路構成とする。これによってサスペンションに付加される荷重を抑制することができる。

【0020】サスペンション上の温度測定手段としての抵抗素子は、熱ノイズが白色ガウスノイズであり、その標準偏差 σ は、Mee, Daniel, マグネティックストレージハンドブック Magnetic Storage Handbook, Second Edition, McGraw-Hill社, 1996年の第2.69ページ、式2.76によれば、

$$\sigma = \sqrt{4k \cdot T \cdot R \cdot B} \quad \text{数式2}$$

で表される。ここでkはボルツマン定数、Tは温度、Rは抵抗素子の抵抗値、Bはノイズバンド幅である。すなわち、磁界変化が無く、かつノイズ帯域が例えばLPF

(Low Pass Filter) によって常に一定の周波数以内に制限されている場合には、抵抗素子の熱ノイズ電力 P は、それらの温度 T に比例する。

【0021】ところでMRヘッド(スライダ30内に設けられた再生ヘッド)も電気回路としては抵抗素子である。しかしMRヘッドからのノイズには記録媒体ノイズが含まれているので、MRヘッドを温度測定用の素子として使用することはできない。MRヘッドの出力から媒体ノイズを取り除くためにはヘッドをアンロード状態(ディスクからサスペンションを空間的に離間すること)とすればよいが、アンロード状態では記録媒体温度とMRヘッドの温度との間に差が生じて記録媒体温度の正確な測定ができない。従ってMRヘッドとは別の温度測定専用の素子をサスペンション上に設ける必要がある。また温度測定専用の素子として抵抗素子を用いると、温度は単に抵抗素子の出力電圧だけを観察すれば測定できるので、温度測定のために電源などの特別な線路をサスペンション上に設ける必要がない。

【0022】図9(b)は図9(a)のサスペンションを裏表逆にして示した図であるが、この図9(b)に示すように、サスペンション35の記録媒体に近い面(スライダ30が設置されている面)に温度測定用素子である抵抗素子31が設置される。

【0023】図11は、抵抗素子31とヘッドIC11との接続例を詳細に示した図である。この図11で、ヘッドIC11には記録信号W、記録電流振幅AIW、スイッチ制御信号C3、再生電圧VR、および抵抗素子31の電位差VTが入力され、ヘッドICからは記録電流IW、再生信号VR2が出力される。記録信号Wは記録電流制御回路40に入力され、ここで記録電流の振幅が所望の値AIWに調整されて記録電流IWとなる。記録電流IWはスライダ30内の記録ヘッドに向け出力される。

【0024】図11で通常の再生動作を行う場合には、スイッチS3は端子D2に接続され、ヘッド再生電圧VRがプリアンプ41に入力される。VRはヘッドIC11により増幅され再生信号VR2となりリードライト回路に向けて出力される。

【0025】一方、記録媒体温度の測定を行う場合には、制御信号C3によりスイッチS3が端子D1に接続され、抵抗素子31両端の電位差VTがヘッドIC11により増幅され再生信号VR2となりリードライト回路に向けて出力される。記録媒体温度測定時に、プリアンプ41の出力信号である再生信号VR2の電力 P は、プリアンプ41の熱ノイズと抵抗素子31の熱ノイズとが双方ともガウスノイズであることから、

$$P = 4k \cdot T \cdot R_2 \cdot B \cdot G \quad \text{数式 3}$$

となる。ここで R_2 は抵抗素子31の抵抗値、 G はプリアンプ41の増幅利得である。数式3を、 C を比例定数として

$$P = C \cdot T$$

数式 4

と表すと、この数式4の関係をを利用して熱ノイズ電力 P から抵抗素子31の温度、すなわち記録媒体の温度 T を推定すれば、記録媒体から離れた位置にある温度センサを用いる場合に比べてより正確に記録媒体の温度を見積もることが可能となる。

【0026】温度測定素子として用いた抵抗素子31とプリアンプ41の抵抗値は、製造過程で一般にバラツキが生じる。そこで本発明の磁気記録再生装置においては、初期設定として、温度変化がない状態すなわち記録媒体温度と温度センサの温度とが同一となっている状態において、信号VR2の電力 P と温度センサの温度情報 TS とから、数式4の比例定数 $C = P/T$ を求めておく。ここで信号VR2の電力 P はLPFを経由し周波数帯域が B に制限されたノイズの電力であるが、これは(PRML信号処理回路内の)PR等化回路から出力されるノイズを二乗し積分することによって計算できる。PR等化回路は信号VR2の出力先に設置される。初期設定として定数 C が定まったら、通常の記録再生時には、必要な時刻において数式4: $T = P/C$ によってMRヘッドの温度 T を求める。

【0027】以上説明した本発明の温度測定手段はまた、サスペンション上にヘッドICを設置した場合、いわゆるチップオンサスペンション方式にも適用可能である。図10はチップオンサスペンション(Chip on Suspension)方式の一例を示している。この方式ではヘッドIC11と抵抗素子31とがサスペンション35上に設置され、記録ヘッドと再生ヘッドとはスライダ30の内部に設けられている。ヘッドIC11、スライダ30は信号線路32、34で接続され、記録信号や再生信号などがコネクタ36を経由してリードライト回路とやり取りされる。この方式ではヘッドIC11がサスペンション35上に設置されたことにより、スライダ30からヘッドIC11までの信号線路32の距離が短縮され、同信号線路のインダクタンスが減少する。そのため、再生信号周波数が高い場合の再生信号波形の振幅低下が起これ難くなる。ヘッドIC11はサスペンション35上に設置されているのでIC11の温度は記録媒体の温度と等しくなる。

【0028】図10に示すチップオンサスペンションの構成では、記録媒体温度測定時に信号VRの電力 P はプリアンプ41の熱ノイズと抵抗素子31の熱ノイズの双方がガウスノイズであることから

$$P = 4 \cdot k \cdot T \cdot (R_1 + R_2) \quad \text{数式 5}$$

となる。ここに R_1 はプリアンプ41の抵抗値、 R_2 は抵抗素子31の抵抗値である。数式5を D を比例定数として

$$P = D \cdot T \quad \text{数式 6}$$

と表すことにする。前記ヘッドIC11や抵抗素子31の温度、すなわち数式6の関係をを利用して熱ノイズ P か

ら $T = P/D$ により記録媒体温度 T を推定すれば、温度センサの温度を用いる場合に比べて正確に媒体温度を見積もることが可能となる。

【0029】図10のようにチップオンサスペンション方式を採用する場合には、温度測定時にはプリアンプ41を動作させずに、プリアンプ41内の抵抗において発生する熱ノイズ電力がVR2としてリードチャネル回路へ出力されるようにする。

【0030】

【発明の実施の形態】以下本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。先ず実施例1として、記録媒体温度に応じて記録電流振幅値を制御する磁気記録再生装置を示す。次に実施例2として、記録媒体温度に応じて記録前補償量 (Write Pre-Compensation: WPC) を制御する磁気記録再生装置を示す。

【0031】(実施例1) 記録媒体温度に応じて記録電流振幅を制御する磁気記録再生装置

(1-1) 記録動作時に使用される構成要素

図1、2、9(b)、11を用いて説明する。図1は実施例1の構成を示すブロック図である。図1に示すように、この磁気記録再生装置はリードライト回路10、ヘッドIC11、ヘッド12、記録媒体13、温度センサ14、抵抗素子31、記録電流振幅選択回路15、温度計算回路16、RAM17、コントローラ18から構成されている。この磁気記録再生装置に記録されるユーザデータUはリードライト回路10に入力され、ここで変調符号化とプリコーディングが施されて記録信号電流Wに変換され、ヘッドIC11に入力される。

【0032】図2はリードライト回路10の内部構成を示したもので、変復調回路101、プリコード102、記録前補償回路103、PR等化回路104、ビタビ検出回路105から構成されている。データを記録媒体13に記録する際には、ユーザデータUは変調回路101により変調符号ビット列SMODに変換される。変調回路101の符号化規則としては8/9変調または16/17変調などが用いられる。SMODはプリコード102によりプリコード出力ビット列SPとなり、記録前補償回路103に入力される。プリコード出力ビット列SPは、最小磁化反転間隔 τ を単位として二値間の反転を繰り返す。すなわち、プリコード出力ビット列SPが各レベルをとる時間は $n \cdot \tau$ 、 $n = 1, 2, 3, \dots$ のいずれかとなる。記録前補償回路103は、プリコード出力ビット列SPのレベル反転時間間隔が時刻 τ であるとき、すなわち、あるレベルをとる時刻か時刻 t_0 から $t_0 + \tau$ までである場合に、時刻 $t_0 + \tau$ におけるプリコード出力ビット列SPのレベル反転時刻を時間WPCだけ遅延させ、前記レベル反転時刻を $t_0 + \tau + WPC$ とする機能を有する。これにより記録信号電流Wのレベル反転時刻もWPCだけ遅延され、NLTSを補償することができる。なお、実施例1においては、図2の記録前補

償回路103へは、NLTSを補償するために予め最適に設定された固定値の記録前補償量WPCが入力される。この記録前補償回路103には従来の磁気記録再生装置と同様の回路が用いられる。

【0033】図1において、リードライト回路10としては、例えばパーシャルレスポンス・最大検出(Partial Response Maximum Likelihood: PRML)回路を用いる。またプリコード102としてはInteleaved Non Return to Zero Inversion (I-NRZI)を用いる。

【0034】図11において、記録ビットパターンWはヘッドIC11内の記録電流制御回路40において記録電流IWに変換され、ヘッド12に入力される。記録電流IWは記録信号Wと同位相の二値レベルのいずれかを取り、各レベル間の差AIWは記録電流振幅選択回路15からヘッドIC11に与えられる。図1のヘッド12は記録ヘッドとMRヘッドとを複合させたものであり、このヘッド12は、図9(b)または図10のスライダ30内に設けられている。記録ヘッドは記録電流IWに応じて記録媒体13上に磁化パターンを形成する。

【0035】(1-2) 再生動作時に使用される構成要素

再生動作時、図9(b)または図10に示すスライダ30内にある再生ヘッド、すなわち図1のヘッド12から再生信号VRが記録磁化パターンに応じて出力され、再生信号VRはヘッドIC11によりレベルが増幅されて再生信号VR2となる。VR2はリードライト回路10に入力される。リードライト回路10では、PRML信号処理が施され、更に復調回路を経由して再生ユーザデータUに変換される。またリードライト回路10内部のPRML信号処理部のうち、PR等化回路104の出力信号EQOUTが温度計算回路16に向けて出力される。

【0036】図2において、再生信号VR2はPR等化回路104によりPR4特性、またはEPR4などの周波数特性をもつ信号EQOUTに等化される。信号EQOUTはビタビ検出回路105に出力され、ここで信号EQOUT中のBER(ビット誤り率)が低減され、変復調回路101に出力される。変復調回路101では、ビタビ検出回路出力ビット列に対して復号動作が行われ、ユーザビット列Uに変換される。本装置の再生動作自体は、PR等化回路の出力信号EQOUTがリードライト回路10の外部に出力されていることを除き、従来の磁気記録再生装置と同様の構成と手順とを有している。

【0037】(1-3) 記録媒体温度の測定および記録電流振幅の設定に用いられる構成要素実施例1は、記録媒体の温度を正確に測定し、記録電流値の振幅AIWを記録媒体温度に応じてBER(ビット誤り率)を最小とする値に設定することを目的として構成されている。図1において、ヘッド12の温度すなわち記録媒体温度は、温度計算回路16によって計算され、このヘッド温

度情報 TH は記録電流振幅選択回路 15 に入力されて最適な記録電流振幅値 AIW がヘッド IC に出力される。

【0038】以下、図 1、2、3、9 (b)、10、11 を用いて記録媒体温度 TH が計算されるまでの過程を説明する。初期設定時、まず図 11 において、制御信号 C3 によりスイッチ S3 は端子 D1 側に接続され、抵抗素子 31 の電位差 VT がプリアンプ 41 に入力されるようにする。スイッチ S3 で再生動作に用いるセンス電流源は端子 D2 に接続された回路にあるので、S3 で端子 D1 が選択されていれば、抵抗素子 31 に電流が流れず、熱ノイズだけがプリアンプ 41 に入力される。ここで、サスペンション 35 として図 9 (b) のもの、すなわち従来から用いられているサスペンションを用いる場合には、ヘッド IC 11 内のプリアンプ 41 の抵抗値は温度測定とは無関係であり、プリアンプ 41 は通常の再生動作時と同様に入力電圧 VT を増幅する動作を行う。また、図 10 に示したチップオンサスペンション方式を用いる場合には、ヘッド IC 11 はサスペンション 35 上に設置され、プリアンプ 41 において発生する熱ノイズも記録媒体温度の推定に用いられるため、プリアンプ 41 は動作させないようにする。プリアンプ出力 VR2 はリードライト回路 10 に向け出力される。図 2 のリードライト回路 10 において、記録媒体温度測定時、信号 VR2 は PR 等化回路 104 において帯域制限され EQ OUT となる。

【0039】図 3 に示す温度計算回路 16 は、PR 等化回路出力信号 EQ OUT と温度センサの温度 TS とから、数式 4 の関係に基づいてヘッド温度 TH を求める回路である。磁気記録再生装置の初期設定動作時において、図 1 のスイッチ S1 は制御信号 C1 により制御され ON 状態とされる。図 3 で、PR 等化回路出力信号 EQ OUT は二乗計算回路 121 と積分回路 122 を経由することにより MR ヘッドの熱ノイズ電力 P に変換される。ここで、積分回路 122 は、過去の一定時間だけの入力信号を積分する機能を有する。

【0040】次に、図 3 で帯域制限された抵抗素子 31 の熱ノイズ電力 P は、除算回路 120 に入力される。初期設定時に除算回路 120 にはまた温度センサ出力信号 TS も入力される。除算回路 120 は、入力端子 IN1、IN2 のそれぞれから入力される信号 s1、s2 に対して除算を行い、OUT 端子から除算結果 s1 / s2 を出力する機能を有する。この機能により、装置の初期設定時に前記 OUT 端子からは TS / P が出力される。この TS / P はスイッチを経由してバッファ 123 において保持され、その後スイッチは OFF 状態とされる。初期設定時の動作は以上で終了する。

【0041】初期設定が終了した後、通常動作（データの記録再生動作）を行う。通常動作時には図 1 のスイッチ S1 は OFF 状態とされる。ここで通常動作時においては、適当な時間間隔 d 毎に記録媒体の温度測定が行わ

れる。前記時間間隔 d は、図 3 の積分回路 122 の積分時間よりも長く設定する。図 3 において、通常動作時には、温度計算回路 16 には PR 等化回路出力信号 EQ OUT が入力され、コントローラ 18 から制御信号 S が入力されている。また、二乗計算回路 121 と積分回路 122 によってプリアンプ 40 の出力信号の電力 P' が測定され、乗算回路 124 に出力される。乗算回路 124 ではバッファ 123 からの信号 TS / P に対して (TS / P) · P' が計算される。前記計算の結果は熱ノイズ電力 P が観測された際のプリアンプ 40 および抵抗素子 31 の温度、すなわちヘッド温度 TH となっている。

【0042】前記のように、通常動作時には温度計算回路 16 は時間間隔 d 毎にヘッド温度 TH すなわち記録媒体の温度 T を測定する。このヘッド温度 TH は次に記録電流振幅選択回路 15 に向け出力される。記録電流振幅選択回路 15 には、ヘッド温度 TH と、RAM 17 から閾値温度 T1、T2、T3、T4 および記録電流振幅候補値 AIW1、AIW2、AIW3、AIW4、AIW5 が入力されている。記録電流振幅選択回路 15 は、ヘッド温度 TH と閾値温度 T1、T2、T3、T4 との大小関係を求め、前記関係に応じて記録電流振幅の候補値 AIW1、AIW2、AIW3、AIW4、AIW5 のうちから一つを選択してそれを記録電流振幅値 AIW とし、ヘッド IC 11 に出力する機能を有する。より具体的には、図 6 に示すように、T1 から T4 までの閾値温度に対して BER を最小にする記録電流振幅値 AIW1 から AIW5 までを予め定めておき、例えばヘッド温度 TH が、TH < T1 ならば AIW として AIW1 を選択し、T1 < TH < T2 ならば AIW として AIW2 を選択する、という機能を有する。図 6 に示す T1、…、T4 と AIW1、…、AIW5 との関係は、図 13 に示した記録媒体温度 T と記録電流振幅値 AIW との関係に近くなるように予め定められ、図 1 の RAM 17 に格納されている。

【0043】次に、図 4 を参照して記録電流振幅選択回路 15 の構成と動作とを説明する。なお、実施例 1 においては、図 4 の v1、v2、…、v5 をそれぞれ AIW1、AIW2、…、AIW5 と読み替えるものとする。図 4 において、ヘッド温度 TH は温度計算回路 16 から入力され、閾値温度 T1、…、T4、および AIW1、…、AIW5 が RAM 17 から入力される。まず (TH と T1)、(TH と T2)、…、(TH と T4) の各組それぞれが独立に 4 つの比較回路 111 の端子 X、Y に入力される。

【0044】各比較回路 111 は、入力端子 X、Y のそれぞれから入力される入力信号 X1、Y1 に対して、X1 > Y1 ならば出力端子 Z から値 1 を出力し、それ以外は出力端子 Z から値 0 を出力する機能を有する。また加算回路 112 は、入力信号 u1、…、u4 を加算して信号 NUM として出力する機能を有する。そしてこれら比

較回路 111 と加算回路 112 とにより、例えば $TH < T1$ ならば $u1 = u2 = u3 = u4 = 0$ となるから加算回路 112 から $NUM = 0$ が出力される。また例えば $T1 < TH < T2$ ならば、 $u1 = 1$ 、 $u2 = u3 = u4 = 0$ となるから加算回路 112 から $NUM = 1$ が出力される。このようにして TH と $T1$ 、 \dots 、 $T4$ の大小関係に応じて NUM は 0 から 4 までの値をとる。

【0045】図 4 において信号 NUM は選択回路 113 に入力される。選択回路 113 は、 $NUM = 0, 1, \dots, 4$ のそれぞれに応じて入力端子 $W1$ 、 $W2$ 、 \dots 、 $W5$ と出力端子とを接続する機能を有する。従って例えば $NUM = 0$ ならば選択回路 113 の入力端子 $W1$ から入力されている $v1$ 、すなわち $AIW1$ が選択回路 113 の出力端子から出力される。また $NUM = 1$ ならば選択回路 113 の入力端子 $W2$ から入力されている $AIW2$ が選択回路 113 の出力端子から出力される。このようにして記録電流振幅選択回路 15 は、ヘッド温度 TH から $AIW1$ 、 \dots 、 $AIW5$ への変換を達成する。

【0046】図 1 において、記録電流振幅選択回路 15 は、抵抗素子 31 の温度すなわち記録媒体温度に適した記録電流振幅値 AIW をヘッド IC11 に出力する。ヘッド IC11 は、記録信号を二値の記録電流 IW に変換するが、この時二値のレベル差を AIW に設定する機能を有する。このように外部から記録電流の振幅を設定する機能は、従来のヘッド IC も有している。

【0047】(1-4) 動作手順

実施例 1 の磁気記録再生装置の動作手順を、図 8、図 9 (b) ~ (d) を参照して説明する。図 8 において、磁気記録再生装置の動作が開始されると、動作 51 においてヘッド IC11 のスイッチ $S3$ (図 11 参照) が端子 $D1$ に接続され、動作 52 においてスイッチ $S1$ が ON され、時間 $Time1$ の後にスイッチ $S1$ は OFF とされる。動作 52 によって図 1 において温度センサ 14 から温度のデータ TS が温度計算回路 16 に入力される。時間 $Time1$ は図 3 の積分回路 122 の積分時間よりも大きく設定する。次に図 8 の動作 53 でスイッチ $S2$ が ON された後に OFF とされ、前記動作によって、図 1 の記録電流振幅選択回路 15 において選択された出力 AIW がヘッド IC11 に向けて出力される。

【0048】以上により記録電流振幅として適切な値が設定されたので、動作 54 において制御信号 $C3$ により図 11 のスイッチ $S3$ が端子 $D2$ に接続され、これにより磁気記録再生装置が通常の記録再生動作を行えるようになる。なお、スイッチ $S3$ において端子を $D1$ に接続している限り、センス電流 IS は流れないのでセンス電流の制御は不要である。

【0049】次に、図 8 に示す通常動作が行われる。通常動作では、まず手順 54 において、図 1 のコントローラ 18 内に設けられた時刻管理手段の経過時間値 $Time1$ が保持される。前記時刻管理手段には制限時間 $Limit$ も

保持されている。次に手順 56 において経過時間 $Time$ と $Limit$ との大小比較が行われ、 $Time < Limit$ が成立している間は動作 57、58 が行われる。動作 57 においては、時間 d の間だけ通常の記録再生動作が行われる。動作 58 においては経過時間に d が加算され、動作 56 に戻る。

【0050】動作 56 において $Time \geq Limit$ が成立すると、動作 59 から 61 までで記録媒体温度の測定が行われる。まず動作 59 においてスイッチ $S3$ が端子 $D1$ に接続され、信号 $VR2$ には抵抗素子 31 とプリアンプ 41 それぞれにおいて発生した熱ノイズの合計が信号 $VR2$ となりリードライト回路 10 に送られた後、PR 等化回路からの出力信号 $EQOUT$ によりヘッド温度 TH すなわち記録媒体温度が計算され、このヘッド温度 TH は記録電流振幅選択回路 15 において保持される。

【0051】次に図 8 の動作 60 に示す動作が行われると、スイッチ $S2$ が制御されることによりヘッド温度 TH に適した記録電流振幅値 AIW が記録電流振幅選択回路 15 からヘッド IC11 (記録電流制御回路 40) に設定される。この後手順 61 でスイッチ $S3$ が端子 $D2$ に接続され、ヘッドにはセンス電流 IS が流れて通常の記録再生動作 (手順 54) に移行できるようになる。

【0052】(実施例 2) 記録媒体温度に応じて WPC 電流を制御する磁気記録再生装置

次に図 5 を参照して、記録媒体温度に応じて記録前補償量 (Write Pre Compensation: WPC) を制御する装置を説明する。図 5 においてこの磁気記録再生装置は、リードライト回路 10、ヘッド IC11、ヘッド 12、記録媒体 13、温度センサ 14、温度測定用の抵抗素子 31、記録前補償量選択回路 15、温度計算回路 16、RAM 17、コントローラ 18 を有している。このうち前記実施例 1 と異なるところは次の 3 点である。

(a) 実施例 2 では、図 2 のリードライト回路 10 を構成する記録前補償回路 103 において、WPC を設定する端子に、図 1 の記録前補償量選択回路 15 から WPC がスイッチ $S2$ を経由して入力される。

(b) 実施例 2 では、図 11 のヘッド IC11 内の記録電流制御回路 40 に、常温時に BER を最小とする記録電流振幅値 AIW が常に入力されている。

(c) 実施例 2 では、図 4 の記録前補償量選択回路 15 において、信号 $v1$ 、 $v2$ 、 \dots 、 $v5$ は、それぞれ図 7 に示した $WPC1$ 、 $WPC2$ 、 \dots 、 $WPC5$ である。ただし前記 $WPC1$ 、 \dots 、 $WPC5$ とは、図 15 に示した記録媒体温度 T に対して BER を最小とする WPC の値を予め求めておいたものである。実施例 2 の磁気記録再生装置におけるその他の構成および図 8 に示した動作手順は、実施例 1 と同様である。

【0053】

【発明の効果】本発明の磁気記録再生装置は、温度測定手段がサスペンション上の抵抗素子からなり、かつ記録

電流の振幅値設定手段または補償量設定手段が、記録媒体温度に応じて最適な記録電流振幅値または記録前補償量を間欠的に設定するようにしたものであるので、磁気記録再生装置内外の温度が変化し記録媒体の保磁力 H_c が変化した場合にも、再生信号の BER (ビット誤り率) が劣化することを防止し、再生信号の品質を常に最適値に保つことができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の一実施例を示すブロック図

【図 2】 図 1 の実施例におけるリードライト回路を示すブロック図

【図 3】 図 1 の実施例における温度計算回路を示すブロック図

【図 4】 図 1 の実施例における記録電流振幅選択回路、または図 5 に示す本発明の他の一実施例における記録前補償量選択回路の詳細を示すブロック図

【図 5】 本発明の他の一実施例を示すブロック図

【図 6】 図 1 の実施例において、記録媒体温度 T と記録電流振幅 AIW との関係を示すグラフ

【図 7】 図 5 の実施例において、記録媒体温度 T と記録前補償量 WPC との関係を示すグラフ

【図 8】 図 1 または図 5 の実施例における動作手順を示すフローチャート

【図 9】 図 1 または図 5 の実施例におけるヘッド機構の一例を示す (a) 表側から見た斜視図、(b) 裏側から見た斜視図

【図 10】 図 1 または図 5 の実施例におけるヘッド機構の他の一例を示す裏側から見た斜視図

【図 11】 ヘッド IC の一構成例を示すブロック図

【図 12】 磁化と磁束密度の履歴曲線

【図 13】 記録媒体温度とそれに適した記録電流振幅値との関係を示すグラフ

【図 14】 (a) は $NLT S$ の説明図、(b) は記録前補償の説明図

【図 15】 記録媒体温度とそれに適した記録前補償量との関係を示すグラフ

【図 16】 従来の磁気記録再生装置の一例を示すブ

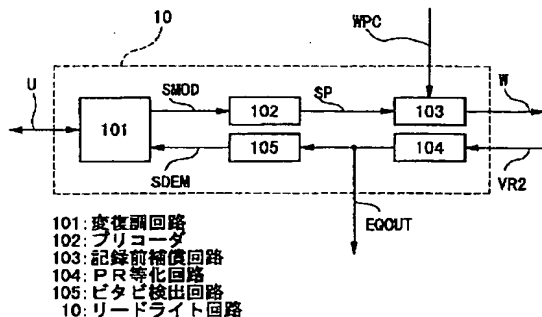
ック図

【図 17】 従来の磁気記録再生装置の他の一例を示すブロック図

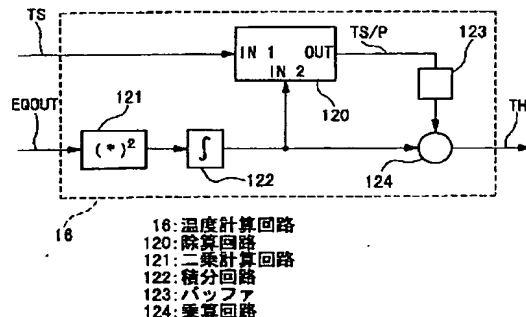
【符号の説明】

- 10 リードライト回路
- 11 ヘッド IC
- 12 ヘッド
- 13 記録媒体
- 14 温度センサ
- 15 記録電流振幅選択回路、または記録前補償量選択回路
- 16 温度計算回路
- 17 RAM
- 18 コントローラ
- 30 スライダ
- 31 抵抗素子
- 32 信号線路
- 34 信号線路
- 35 サスペンション
- 36 コネクタ
- 40 記録電流制御回路
- 41 プリアンプ
- 42 センス電流源
- 101 変復調回路
- 102 プリコーダ
- 103 記録前補償回路
- 104 PR 等化回路
- 105 ビタビ検出回路
- 111 比較回路
- 112 加算回路
- 113 選択回路
- 120 除算回路
- 121 二乗計算回路
- 122 積分回路
- 123 バッファ
- 124 乗算回路

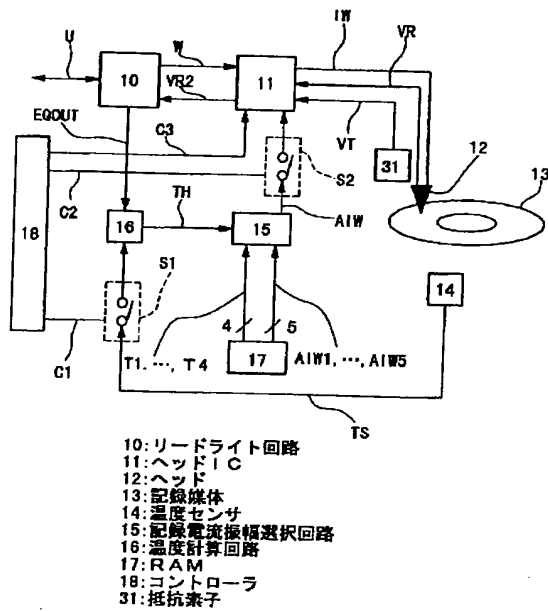
【図 2】



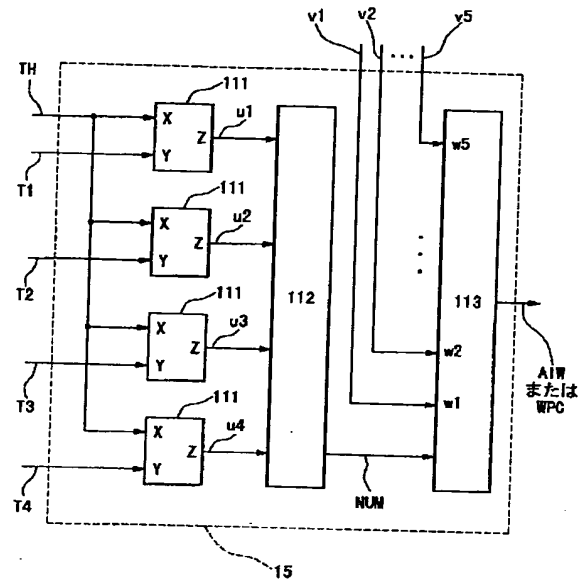
【図 3】



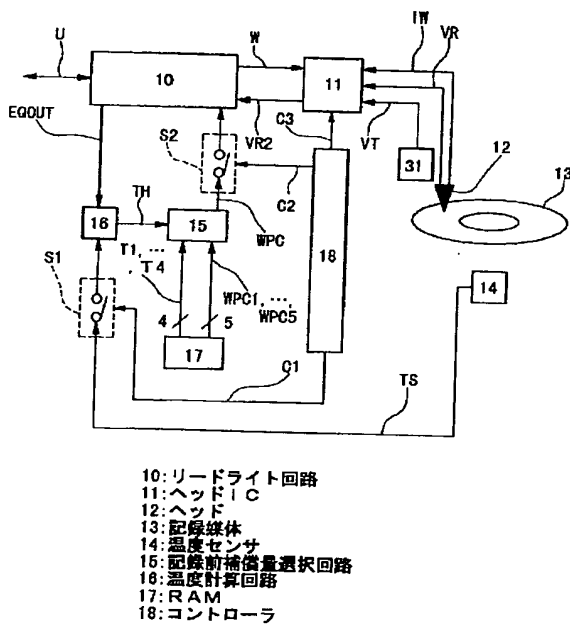
【図 1】



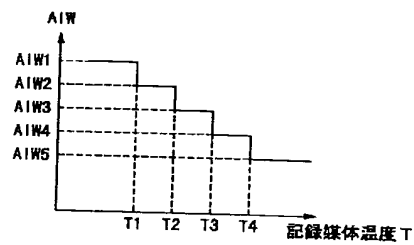
【図 4】



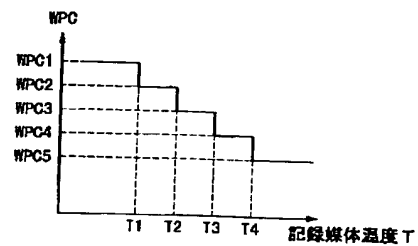
【図 5】



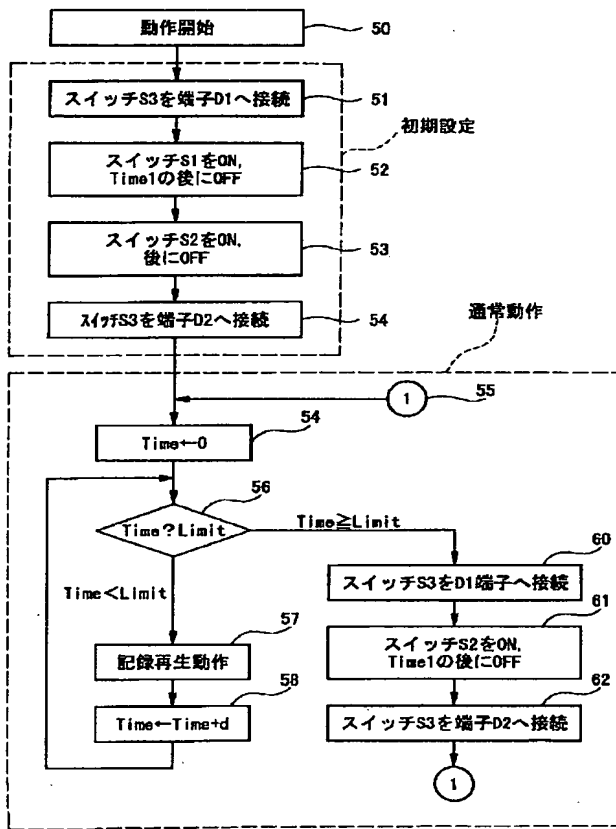
【図 6】



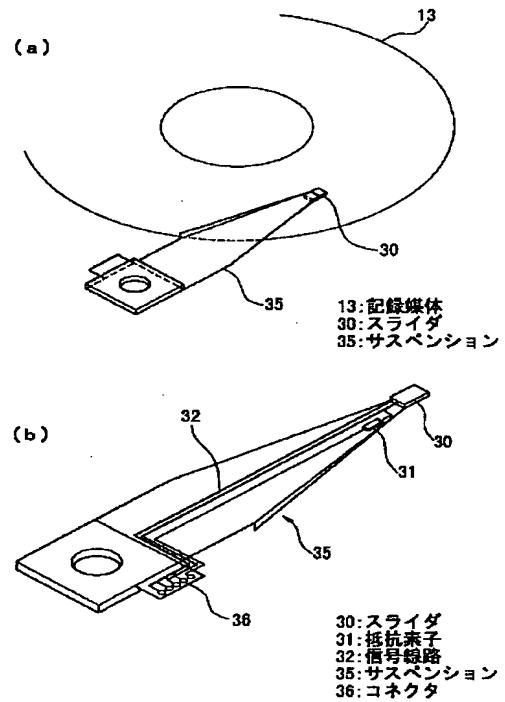
【図 7】



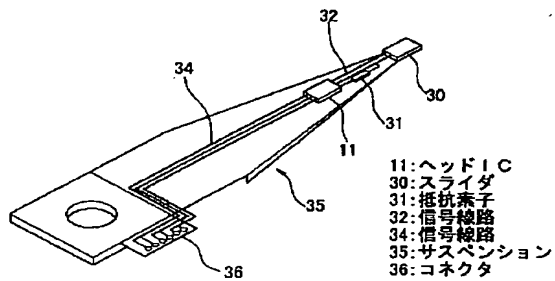
【図 8】



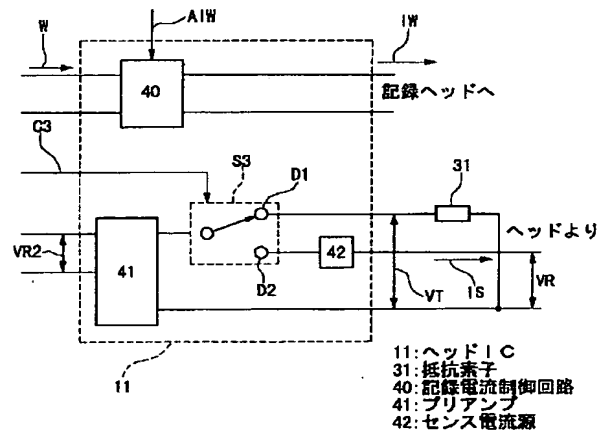
【図 9】



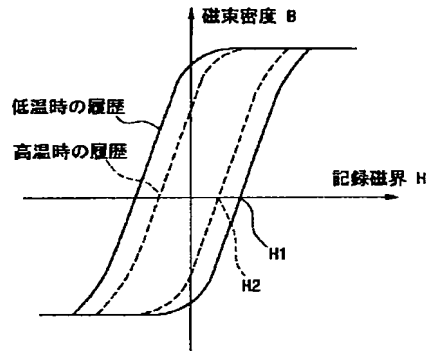
【図 10】



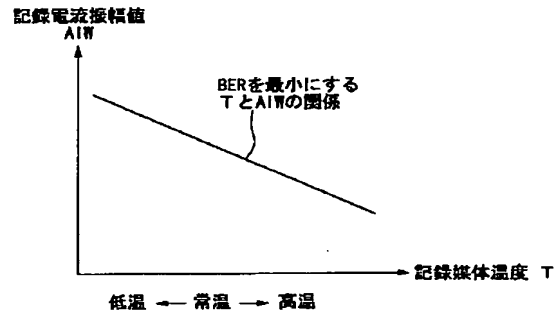
【図 11】



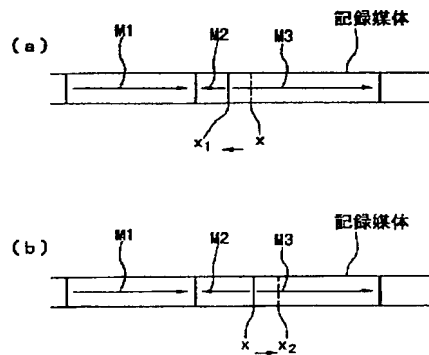
【図 12】



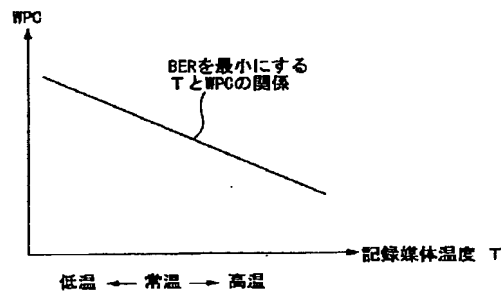
【図 13】



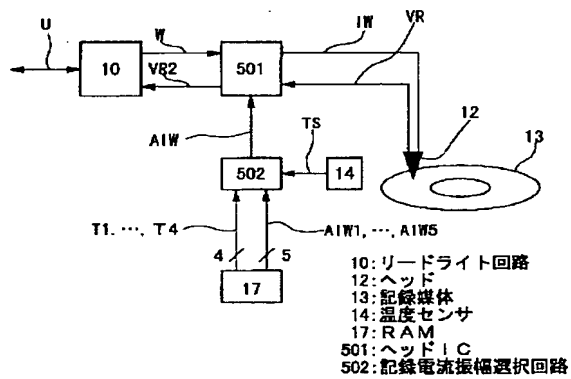
【図 14】



【図 15】



【図 16】



【図 17】

